

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-202094

(43)Date of publication of application : 22.07.1994

(51)Int.Cl. G02F 1/1335  
 G02F 1/13  
 G02F 1/1347  
 H04N 9/31

(21)Application number : 04-348869

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

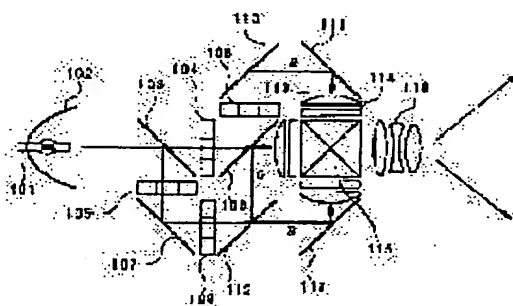
(22)Date of filing : 28.12.1992

(72)Inventor : NAKAYAMA TADAAKI

**(54) PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE****(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To realize the video display which is brighter and higher in grade than heretofore by using a projection lens of a short back focus in a projection optical system for which an integrator illumination system is used.

**CONSTITUTION:** The luminous flux radiated from a light source lamp 101 is reflected by a reflection mirror 102 and is separated by a dichroic mirror 103 into two luminous fluxes. A liquid crystal panel 114 is illuminated by these separated luminous fluxes by the integrator consisting of first lens groups 104, 105 and second lens groups 108, 109 in the respective optical paths. The luminous fluxes modulated by the liquid crystal panel 114 are synthesized by a cube prism 115 and video is projected and displayed by the projection lens 116.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-202094

(43)公開日 平成6年(1994)7月22日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1335	7408-2K		
	1/13	5 0 5		
	1/1347	9017-2K		
H 0 4 N	9/31	B 9187-5C		

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-348869

(22)出願日 平成4年(1992)12月28日

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 中山 唯哲  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

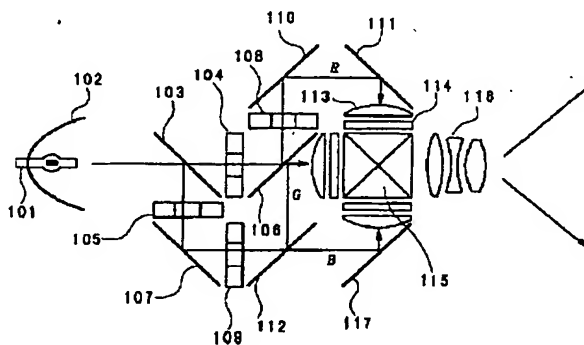
(74)代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54)【発明の名称】 投写型表示装置

(57)【要約】

【構成】 光源ランプ101から放射された光束は反射鏡102で反射され、ダイクロイックミラー103で二つの光束に分離される。分離された光束は、それぞれの光路中の第1レンズ群104、105と第2レンズ群108、109で構成されるインテグレートによって液晶パネル114が照明される。液晶パネル114で変調された光束は、キューブプリズム115で合成され、投写レンズ116によって映像が投写表示される。

【効果】 インテグレート照明系を用いた投写光学系にバックフォーカスの短い投写レンズを用いることが可能となり、従来より明るく高品位な映像表示が実現できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明装置と、該照明装置からの光束を3  
原色光に分離する色光分離手段と、各原色光を変調して  
画像情報を含ませる変調手段と、各変調光を合成する色  
光合成手段と、合成光束をスクリーン上に投写表示する  
投写光学系とを含んで構成される投写型表示装置におい

て、  
前記照明装置から前記変調手段までの光路中に、複数の  
レンズを用いて複数の2次的光源を形成し、さらに同数  
のレンズを前記2次的光源のできる位置に配置して前記  
変調手段を照射する照明光学系を、複数搭載しているこ  
とを特徴とする投写型表示装置。

【請求項2】 照明装置と、該照明装置からの光束を2  
つの光束に分離する色光分離手段と、各色光を変調して  
画像情報を含ませる2つの変調手段と、各変調光を合成  
する色光合成手段と、合成光束をスクリーン上に投写表  
示する投写光学系とを含んで構成される投写型表示装置  
において、

前記照明装置から前記色光分離手段までの光路中に、複  
数のレンズを用いて複数の2次的光源を形成し、さらに  
同数のレンズを前記2次的光源のできる位置に配置して  
前記変調手段を照射する照明光学系が配置されているこ  
とを特徴とする投写型表示装置。

【請求項3】 照明装置と、該照明装置からの光束に含  
まれる偏光光を変調して画像情報を含ませる変調手段  
と、変調光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系  
とを含んで構成される投写型表示装置において、  
前記照明装置から前記変調手段までの光路中には、複数  
の矩形レンズで構成される第1レンズ群により複数の2  
次的光源を形成し、同数のレンズにより構成される第2  
レンズ群を前記2次的光源の位置に配置することによっ  
て前記変調手段を照射するインテグレート照明光学系が  
配置され、

さらに、前記第1レンズ群の照明装置側/第2レンズ群  
側に、前記照明装置からの光束に含まれる互いに直交す  
る二つの偏光光を9.0度以内の角度に方向分離する偏光  
分離手段を配することによって、前記第2レンズ群上に  
各偏光光に対応する2重の2次光源像を形成し、どちら  
か一方/両方の2次光源位置に位相差板を配して偏光方  
向を変換し、第2レンズ群からは偏光方向の揃った光束  
が出射されて前記変調装置が照明されることを特徴とす  
る投写型表示装置。

【請求項4】 照明装置と、該照明装置からの光束を変  
調して画像情報を含ませる変調手段と、変調光束をスク  
リーン上に投写表示する投写光学系とを含んで構成され  
る投写型表示装置において、  
前記照明装置から前記変調手段までの光路中には、複数  
の矩形レンズで構成される第1レンズ群により複数の2  
次的光源を形成し、同数のレンズにより構成される第2  
レンズ群を前記2次的光源の位置に配置することによっ

て前記変調手段を照射するインテグレート照明光学系が  
配置され、

前記変調手段は、各画素にスイッチング素子の形成され  
た液晶パネルであって、この液晶パネルの光束入射側に  
は、マイクロレンズアレイが配置されていることを特徴  
とする投写型表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光束変調を行なう液晶  
パネルの映像をスクリーン上に拡大表示する投写型表示  
装置の構成に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 液晶パネルの映像を投写表示する液晶プ  
ロジェクターの課題は、光源光の高効率利用である。現  
在実用化されている液晶プロジェクターにおける総合効  
率は約11m/Wしかなく、明るさを確保するために消費  
電力を大きくしている。

【0003】 効率を改善する一つ的手段として、例えば  
CONFERENCE RECORD OF THE  
1991 INTERNATIONAL DISPLA  
YCONFERENCE 151～154頁に示される  
ようなインテグレートの使用が考えられる。この構成  
は、特開平3-111806号公報にその内容が詳しく  
述べられている。

【0004】 このインテグレートは、原理的には露光機  
に使用されているものと同じで、光源からの平行光束  
を、複数の矩形レンズによって分割し、各矩形レンズの  
像を各矩形レンズに一对一で対応するリレーレンズで液  
晶パネルに重畳結像させるというものである。この方法  
では、光源光束が液晶パネルと相似形で切り出されて、  
切り出された光束は液晶パネルにもれなく照射されるた  
め照明効率が向上し、前記のCONFERENCE R  
ECORDでは、約3割の効率改善が報告されている。  
また、各切り出し光束が重ね合わされるため、スクリー  
ン上での照度むらや色むらも大幅に改善される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、インテグ  
レートの使用は、前記公開特許公報にも記述されている  
ように、「投写レンズ系の開口数が大きくなりすぎるので  
実際には左程好適なものではない」。つまり、見かけの  
光源が大きくなって光束の平行性が劣化するため、液晶  
パネルに入射した光束すべてを投写利用するには、かな  
り大きい投写レンズを必要とすることになる。

【0006】 液晶パネルが偏光光を変調する方式である  
場合、通常は偏光フィルムを用いることで、光源光の半  
分以上は捨ててしまわれるが、EURODISPLAY  
'90 PROCEEDINGS 64～67頁に示  
されるように、偏光ビームスプリッターと1/2波長板  
で構成される偏光変換素子を用いることによって、全光  
源光を利用する方法がある。この偏光変換素子と上記イ



ンテグレートタの併用は当然可能であるが、実際はインテグレートタの大きさが2倍になるため、開口数がさらに大きい投写レンズが必要となって余り好ましい方法ではない。

【0007】液晶パネルが、各画素にスイッチング素子を備えるアクティブマトリックスパネルである場合、パネルの実効開口率を向上させる方法として、SID 92 DIGEST 269～272頁に示されるように、液晶パネルの光束入射側にマイクロレンズアレイを搭載する方法が報告されている。マイクロレンズアレイを用いる方法は、入射光束の平行性が良ければ、光束利用効率を最大で2倍程度に高められるので非常に有効な方法である。ところが、上述したインテグレートタを用いる方法では、照明光束の平行性が非常に悪くなっているためマイクロレンズを使用しても効果はほとんど現れない。

【0008】そこで、本発明はこのような問題点を解決するもので、その目的とするところは、インテグレートタを用いた投写光学系において、大きな投写レンズを必要とせず高品位で明るい表示を可能にすることである。また、さらに光学要素を付加することによって、さらに明るく光利用効率の高い投写型表示装置を提供することである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による投写型表示装置は、照明装置と、該照明装置からの光束を3原色光に分離する色光分離手段と、各原色光を変調して画像情報を含ませる変調手段と、各変調光を合成する色光合成手段と、合成光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを含んで構成され、前記照明装置から前記変調手段までの光路中に、複数のレンズを用いて複数の2次の光源を形成し、さらに同数のレンズを前記2次の光源のできる位置に配置して前記変調手段を照射する照明光学系を、複数搭載していることを特徴とする。

【0010】また本発明による投写型表示装置は、照明装置と、該照明装置からの光束を2つの光束に分離する色光分離手段と、各色光を変調して画像情報を含ませる2つの変調手段と、各変調光を合成する色光合成手段と、合成光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを含んで構成され、前記照明装置から前記色光分離手段までの光路中に、複数のレンズを用いて複数の2次の光源を形成し、さらに同数のレンズを前記2次の光源のできる位置に配置して前記変調手段を照射する照明光学系が配置されていることを特徴とする。

【0011】また本発明の投写型表示装置は、照明装置と、該照明装置からの光束に含まれる偏光光を変調して画像情報を含ませる変調手段と、変調光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを含んで構成され、前記照明装置から前記変調手段までの光路中には、複数の矩形レンズで構成される第1レンズ群により複数の2次の光源を形成し、同数のレンズにより構成される第2レン

ズ群を前記2次の光源の位置に配置することによって前記変調手段を照射するインテグレートタ照明光学系が配置され、さらに、前記第1レンズ群の照明装置側/第2レンズ群側に、前記照明装置からの光束に含まれる互いに直交する二つの偏光光を90度以内の角度に方向分離する偏光分離手段を配することによって、前記第2レンズ群上に各偏光光に対応する2重の2次光源像を形成し、どちらか一方/両方の2次光源位置に位相差板を配して偏光方向を変換し、第2レンズ群からは偏光方向の揃った光束が出射されて前記変調装置が照明されることを特徴とする。

【0012】また本発明による投写型表示装置は、照明装置と、該照明装置からの光束を変調して画像情報を含ませる変調手段と、変調光束をスクリーン上に投写表示する投写光学系とを含んで構成され、前記照明装置から前記変調手段までの光路中には、複数の矩形レンズで構成される第1レンズ群により複数の2次の光源を形成し、同数のレンズにより構成される第2レンズ群を前記2次の光源の位置に配置することによって前記変調手段を照射するインテグレートタ照明光学系が配置され、前記変調手段は、各画素にスイッチング素子の形成された液晶パネルであって、この液晶パネルの光束入射側には、マイクロレンズアレイが配置されていることを特徴とする。

#### 【0013】

【実施例】以下、本発明による投写型表示装置について、図面に基づき詳細に説明する。

【0014】（実施例1）本発明の投写型表示装置の構成を図1に示す。光源ランプ101は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプなど点に近い光源で、放射される光束は、反射鏡102に反射され平行に近い光束となる。光束は青色緑色反射ダイクロイックミラー103によって、赤色光は透過し、緑色光と青色光は反射される。赤色光束は、次に両面全反射ミラー106、全反射ミラー110、111で順に反射され、集光レンズ113を経て、液晶パネル114に達する。緑色光は全反射ミラー107で反射され、次に緑反射ダイクロイックミラー112に反射され、さらに両面全反射ミラー106で反射され、集光レンズ113を経て対応する液晶パネル114に達する。青色光は、全反射ミラー107に反射され、緑色反射ダイクロイックミラー112を透過し全反射ミラー117に反射され、他の色光と同様に集光レンズ113を経て、液晶パネル114に入射する。3枚の液晶パネル114は、それぞれの色光を変調し、各色に対応した映像情報を含ませる。キューブプリズム115は、それぞれの変調光束を合成するもので、赤色反射の誘電体多層膜と青色反射の誘電体多層膜を十字状に含んでいる。合成された光束は、投写レンズ116を通過してスクリーン上に映像を形成する。

【0015】インテグレート照明系は、青色緑色反射ダイクロイックミラー103で分割されたそれぞれの光束に対して配置される。赤色光束には、両面全反射ミラー106の前後に第1レンズ群104と第2レンズ群108を配し、一方緑色光束と青色光束には、全反射ミラー107の前後に第1レンズ群105と第2レンズ群109を配置する。各レンズ群の間が全反射ミラーであることは重要なことである。各レンズ群の間にダイクロイックミラーが入る構成も可能であるが、この場合ダイクロイックミラーには入射角度のばらついた光束が入射するため、誘電体多層膜の角度依存性により表示画面に大きな色むらが発生する。また、図1のような配置にすることで、実質的なワーキングディスタンスが第2レンズ群108、109と液晶パネル114の距離に等しくなり、インテグレートがない場合に比べて1/2になっている。実際、光束の利用効率はインテグレートがない場合に比べて約2倍になり、表示むらもほとんどなくなった。

【0016】インテグレート照明系の具体的構成を図2(A)に示す。光源ランプ101から放射された光束を内向して反射させるため、反射鏡102は楕円形状とした。反射鏡102のリム付近で反射された光線は、リムからaの距離に設定した第2焦点に向かって進行するので、第1レンズ群104と第2レンズ群108は、リム付近から反射されたリング状の光線にちょうど内接するように配置させると効率が良い。第1レンズ群104と第2レンズ群108を構成する各矩形レンズは、それぞれ偏心させていないので、このままでは第2焦点の位置で光束が重畳されることになる。そこで、第2レンズ群108の直後にフィールドレンズ202を配して、液晶パネル114上で重畳照明される構成とした。第2レンズ群108の大きさは投写レンズのF値と、第2レンズ群202と液晶パネル114間の距離bによって決まる。投写レンズのF値をfとすると、第2レンズ群108の大きさは $b/f$ よりも小さく設計される。集光レンズ113は液晶パネル114に入射する光束を投写レンズの入射瞳に効率よく集めるためのもので、焦点距離はbよりも小さく設計される。

【0017】図2(B)は、第1レンズ群104または第2レンズ群108の構成を示した図である。ここでは、図1における光学構成の光路断面が矩形であるため、全体の形状を矩形とした。矩形レンズ203は、液晶パネル114と相似な形状で、第1レンズ群104の各矩形レンズ上の照度分布が、パネル上で重ね合わされることになる。

【0018】本投写光学系では、投写レンズ116のバックフォーカスが短いため、投写レンズのサイズは小さいままで開口数を大きく設計することが容易にでき、インテグレートによる効果を最大限に発揮することができる。また、光源ランプ101と第1レンズ群104、1

05の間はある程度の距離があるため、第1レンズ群の各矩形レンズ上の照度分布は、ある程度なだらかな分布となっており、液晶パネル114上で重畳された照度分布には、光源ランプ101の影が表れる心配がなく表示品質は非常によい。

【0019】(実施例2)本発明の投写型表示装置の構成を図3(A)に示す。光源ランプ101から放射された光束は、反射鏡102で反射されたのち第1レンズ群104と第2レンズ群108で構成されるインテグレートを通して、ついで緑色反射ダイクロイックミラー301によって、白色光束は緑色光束とマゼンダ光束に分割される。それぞれの光束は、全反射ミラー302、117で反射され、集光レンズ114を経て、液晶パネル114a、114bに入射する。そして、変調された光束は、緑色光束とマゼンダ光束を合成するダイクロイックプリズム303で合成され、投写レンズ116によって投写表示される。

【0020】本構成では、液晶パネルが2枚であるため、一方のパネルにはカラーフィルタを設けて2色を分離変調する必要がある。図3(B)は、液晶パネル114bの画素構成を示した図である。赤色透過フィルタ304と青色透過フィルタ305が交互に配置されている。

【0021】本構成は、液晶パネルを2枚しか用いないので光学系の構成が実施例1に比べて非常に簡易になっている。しかも、緑色光に対しては一枚の液晶パネルを用いているので解像度的にはほとんど劣ることがない。また投写画像の明るさは緑の明るさによってほぼ決まるので、明るさにおいてもさほど劣らない。従って、コンピュータの画面のように1画素に3色必要な場合を除いて、通常の映像を表示する場合はこのような簡易構成を用いてなんら問題はない。

【0022】ただし、色再現性は十分とは言えず、赤色と青色が不足してしまうので、光源ランプのスペクトル構成を調整し、赤色と青色を通常よりも多めに発光させるようにすればよい。例えば、三波長発光型のメタルハライドランプでは、各原色光に対応するハロゲン化物が添加されるが、現在実用になっているものではリチウム、タリウム、インジウムハロゲン化物を封入したものがある。この場合、リチウムが赤に、インジウムが青に対応するのでそれぞれ通常よりも多めに添加すればよい。

【0023】現在実用になっている映像表示用のメタルハライドランプでは、赤色が不足しやすいという共通の問題点がある。そこで、図3(A)の別の構成として、赤色光束には液晶パネルを一枚用い、緑色光束と青色光束に対しては共通のパネルで変調するという方法が考えられる。一般的な投写型表示装置では、赤色の不足を補うために緑を減少させる方法がとられているが、この方では赤色が十分に得られるので緑色を減らす必要がな

く、投写映像はほぼ同じ光量となる。

【0024】本構成の投写型表示装置は、実施例1の場合と同様、投写レンズのバックフォーカスが短いのでインテグレータを用いているにもかかわらず投写レンズを小さく設計でき、全体の構成は非常に単純である。また、解像度、明るさにおいても実施例1の場合にさほど劣ることがなく、通常の映像表示には非常に好適である。

【0025】（実施例3）現在実用になっている液晶プロジェクターでは、全て偏光光を変調するタイプの液晶パネルが用いられている。従って、光源ランプから放射される無偏光光のうち半分は偏光板で吸収されて熱に変わるため、光利用効率の低下と偏光板の発熱を抑えるためのクーリングの必要性が問題となっている。

【0026】インテグレータの照明光学系に偏光変換系を付加し、光源からの光束をすべて利用する方法について説明する。図4（A）は、その原理を示す構成模式図である。基本的には、先に図2（A）で示された通常のインテグレータ照明系と同じであるが、ここでは、第1レンズ群104の直前に偏光分離器が配され、第2レンズ群108の直後には位相差板405が配置されている。

【0027】光源ランプ101で放射された無偏光光は、放物面リフレクタ401で反射されてほぼ平行な光束となる。この平行光は偏光分離器402に入射して、互いに直交する関係の二つの偏光光は一定の角度 $\theta$ で方向分離される。その直後に配置された第1レンズ群104を通過すると、各矩形レンズの焦点位置付近、すなわち対応する第2レンズ群108の矩形レンズの内側に光束が集められて、2次光源のスポットが形成される。通常このスポットは各矩形レンズの中心の一つが形成されるだけであるが、ここでは各偏光光に対応して二つのスポットが形成される。それらの光束は、次に位相差板405を通過することによってその偏光方向が揃えられる。そして通常のインテグレータの場合と同様、フィールドレンズ202によって光束は液晶パネル114の中心に集められ、液晶パネルの矩形内をほぼ均一に照明する。従って、原理的には光源ランプからの光束はすべて液晶パネル114に入射する。

【0028】偏光分離器402の構成例を図4（B）に示す。液晶層407をノコギリ状の溝を有するプリズム基板406とガラス基板408で挟んだ構造になっている。液晶分子はプリズム基板406の溝に平行に配向されるので、基板に垂直に入射する光束は、液晶分子に対する異常光と常光に分かれて、方向的に分離されることになる。いま、プリズム基板406の平坦面にほぼ垂直に入射する無偏光光409は、プリズム基板406の傾斜面に対して $\alpha$ の角度で入射するものとする。液晶分子の常光に対する屈折率 $n_0$ とプリズム基板406の屈折率が等しいとき、常光410は傾斜面で屈折されずに直

進し、異常光411は屈折されて常光の進行方向に対して $\theta$ の角度がつく。ここで、異常光の屈折率を $n_1$ とすると、近似的に以下の式が成り立つ。

$$【0029】 \alpha \approx \arctan \{ \sin \theta / (\cos \theta - n_0 / n_1) \}$$

プリズム基板406をPMMAで作製すれば、屈折率は1.48程度になるので液晶の常光屈折率もほぼ同じに選ぶことができる。液晶の屈折率差が大きいほど角度 $\theta$ を大きくとることができ、現在では屈折率差0.25程度のものが市販されている。入射光束はメタルハライドランプを用いた場合、一般に主光線に対して $\pm 5^\circ$ 程度まで分布しているが、アーク長の短いランプを用いてなお光学系を工夫することで $\pm 3^\circ$ 程度まで分布を抑えることができる。そこで、偏光光の分離角 $\theta$ が最低で $6^\circ$ あれば両偏光光を完全に分離できることになるので、これらの値を上式に代入して $\alpha$ を求めると、 $37^\circ$ となる。従って、プリズム基板406の平坦面と傾斜面のなす角度も約 $37^\circ$ 程度になるので、ポリメチルメタクリレートやポリカーボネートなどの有機物を用いて容易に作製することができる。

【0030】なお実際には、図4（B）に示されるように、プリズム基板に対して一定の角度 $\beta$ で入射させる。そうすることで、偏光分離された光束全体の主光線が偏光分離器に対して垂直になるので、光学系全体の構成が容易になる。角度 $\beta$ は $\theta/2$ に等しく、角度 $\theta$ が $6^\circ$ では $\beta$ が $3^\circ$ になるので、実際には光源をわずかに傾けるだけでよい。

【0031】効率の点では、異常光の屈折率をプリズム基板406のそれと一致させる方がよい。この方法では、常光410が屈折することになるが、常光410はプリズム基板406の傾斜面に対してp-偏光であり、しかも界面における入射角はブリュースター角に近く、反射損失は1%以下に抑えることができる。従って、この方法を用いて、なお空気との界面に対して無反射コーティングを施せば、理論的には光束透過率を97%以上にできる。

【0032】図4（B）で示した偏光分離器は、ここでは液晶を用いて作製された場合を考えたが、原理的には有機フィルムを用いてつくることが可能であり、例えば位相差板をプレス加工してノコギリ状の溝を形成すれば、安価に作製することができ、熱的にも安定であると考えられる。また、液晶の代わりにモノマーを配向させて、紫外線や熱によってポリマー化しても熱的に安定な偏光分離器ができる。

【0033】偏光分離器を用いない通常のインテグレータでは、第2レンズ群108の各矩形レンズの中心に、光源像が形成される。光源光の角度分布が $\theta$ 度以内であり、また、第1レンズ群104と第2レンズ群108間の距離が $L$ である時、その光源像は図5（A）に示されるように、各矩形レンズの中心において直径 $\theta L$ の円形

内に形成される。図で示したように常に矩形レンズ内に完全に収まるというわけではないが、光束の利用効率を上げるために内接させるよう設計するのが普通である。

【0034】この図では、矩形レンズの縦横比をハイビジョンの場合を考慮して9:16で描いてあるが、矩形レンズ501の両側にはスポットのない面積がかなりある。そこで、本発明はこのスペースを利用して偏光変換を行うもので、本構成においては、第2レンズ群108上には図5(B)で示されるように、各矩形レンズ上に両偏光光に対応する二つのスポットが形成される。両スポット間の距離はスポットの直径 $\theta L$ に等しいので、図のようにちょうど分離され、しかも矩形レンズ内にちょうど収まる。もちろんこれは、アスペクト比9:16の場合に限ってのことであり、通常の3:4の場合には、スポット径を矩形レンズ501に内接よりもいくらか小さくする必要がある。

【0035】図5(B)では、各偏光光のスポット503, 504に対応して位相差板506, 505がストライプ状に配置されている。この位相差板505, 506はそれぞれの偏光光を45度回転させて方向を揃える場合や、位相差板をどちらか一方だけにし、1/2波長板を用いて偏光方向を90度回転させて揃える場合が考えられる。なお、この位相差板は図4(A)ですでに示されたように、第2レンズ群108とフィールドレンズ202の間に挟むことができるので、接着すれば界面による反射損失をなくすることができる。

【0036】(実施例4)次に、インテグレータを用いた光学系においてマイクロレンズアレイを用い、さらに光利用効率を向上させる方法について説明する。

【0037】図6は、本発明の投写型表示装置における照明原理を示す構成図である。図では、光源側と投写レンズ側の構成が省略されているが、基本的には先に図2(A)で示された構成であり、図2(A)で示された液晶パネル114と集光レンズ113の間にシリンドリカル形状のマイクロレンズアレイ601が配置されている。液晶パネル114は、第2レンズ群108とフィールドレンズ202を通った光源光によって均一に照明され、フィールドレンズ202での光束分布が見かけ上の光源すなわち2次光源となっている。

【0038】さて、液晶パネル114の表面に接着されたマイクロレンズアレイ601は、液晶パネル114内にマトリックスで配置された画素の列方向に方向が合わせられたシリンドリカルレンズが複数配置された構造で、その数は列の数に一致している。マイクロレンズアレイ601の一つのシリンドリカルレンズを通過した光束は、対向基板602を通過して、液晶層604に、2次光源の像を形成する。2次光源の形状は、図5(A)または(B)で示されたように縦方向に整列した形状をしており、横方向には一定の間隔が存在する。従って、液晶層にできる2次光源の像は列方向のストライプ状の像

である。ストライプの各光束は、画素と画素の間にあるブラックストライプ603の間を縫って通過するため、マイクロレンズアレイ601のない場合にブラックストライプ603で遮蔽されていた光量分だけ効率の向上となる。ブラックストライプ603は、各画素に一对一で形成されたスイッチングトランジスタが光に晒されて性能が劣化するのを防ぐためのものであるが、一般にブラックストライプ603で遮蔽される面積部分は全体の60%以上ある。従って、マイクロレンズアレイを用いることでかなりの効率向上が期待できる。

【0039】実際の設計においては、マイクロレンズアレイ601とブラックストライプ603の距離 $d$ を、図中に示したように、第2レンズ群108の各レンズサイズ $a$ や液晶パネル114の画素ピッチ $b$ によって決定し、マイクロレンズアレイの焦点距離 $f$ も図中に示した関係で決定される。また、図では省略したが、マイクロレンズアレイの光源側に集光レンズを配することが必要であり、その焦点距離はフィールドレンズ202とマイクロレンズアレイ603間の距離 $c$ にほぼ等しくする。この集光レンズの付加によって、照明光の主光線はすべて液晶パネル114に垂直となるので、液晶パネル114のどの部分から見た2次光源も同じ方向で同じ形状となり、マイクロレンズアレイの配置は全面で均一にすることができる。

【0040】本発明では、この他にも様々な具体的設計が考えられる。例えば、マイクロレンズアレイ601を通常の軸対象のレンズを並べたレンズアレイとし、液晶層に2次光源像を結像させ、各光源像がブラックストライプ603をうまく通り抜けさせることも可能である。この場合、設計が複雑となるもののさらに効率を改善することが可能である。本発明では、マイクロレンズアレイによって2次光源の像を形成し、2次光源の光源パターンが画素上の開口部を効率よく通過するように、インテグレータや画素の構造、マイクロレンズアレイの形状をうまく整合させるというところに特徴がある。

#### 【0041】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、インテグレータ照明系を用いた投写光学系において、液晶パネルで変調された各光束の合成光路を短縮することによって投写レンズのバックフォーカスを短縮し、さらにインテグレータ照明系を二つの光路に使用することによって、従来より明るく高品位な映像を表示する投写型表示装置が実現できる。

【0042】また液晶パネルを2枚用いて光束変調を行い、照明光学系を簡略化することによって、明るく高品位な投写型表示装置をコンパクトに実現することが可能となった。

【0043】さらに、インテグレータに偏光変換作用をもたせることによって、さらに明るい投写型表示装置を実現できる。

11

【0044】またさらに、液晶パネルの開口部の形状に合わせてインテグレータの2次光源像を結像させるマイクロレンズアレイを装着することによって、さらに明るく、ひいては低消費電力で冷却装置の必要がない投写型表示装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投写型表示装置の構成を示す図。

【図2】(A)は、本発明に用いるインテグレータ照明系の構成例を示す図。(B)は、本発明に用いるインテグレータのレンズ構成を示す図。

【図3】(A)は、本発明の投写型表示装置の構成を示す図。(B)は、本発明の投写型表示装置に使用する液晶パネルの画素構成を示す図。

【図4】(A)は、本発明の投写型表示装置における照明系の構成を示す図。(B)は、本発明の投写型表示装置に用いる偏光分離器の構成と原理を示す図。

【図5】(A)は、インテグレータの各レンズ上にできる2次光源の形状を示す図。(B)は、インテグレータ照明系に偏光分離器を用いた場合の2次光源の形状を示す図。

20

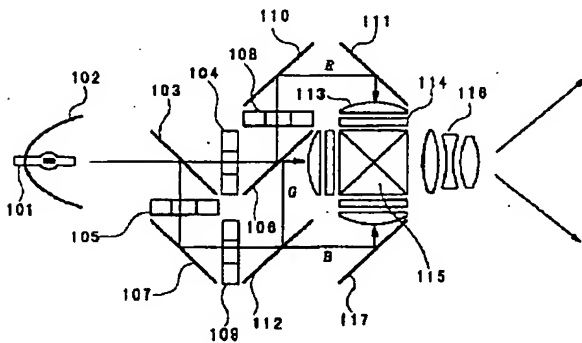
12

【図6】本発明の投写型表示装置に使用するマイクロレンズアレイの照明原理を説明する図。

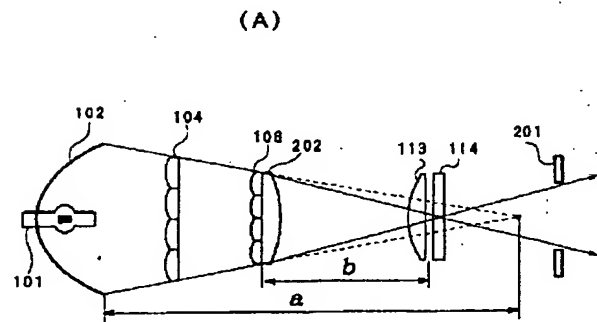
【符号の説明】

- 101 光源ランプ
- 102 反射鏡
- 104, 105 第1レンズ群
- 108, 109 第2レンズ群
- 113 集光レンズ
- 114 液晶パネル
- 115 キューブプリズム
- 201 入射瞳
- 202 フィールドレンズ
- 203 矩形レンズ
- 402 偏光分離器
- 405 位相差板
- 406 プリズム基板
- 407 液晶層
- 601 マイクロレンズアレイ
- 603 ブラックストライプ

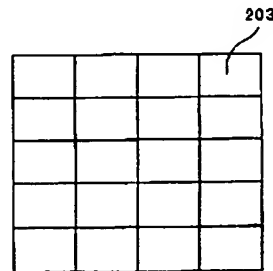
【図1】



【図2】



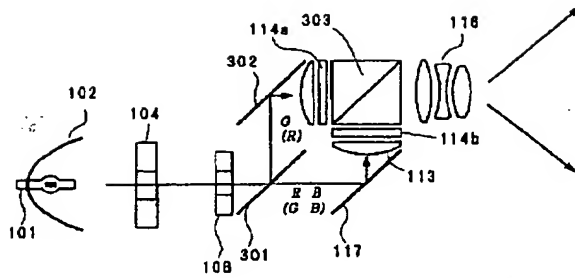
(B)



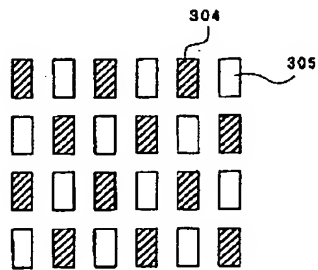


【図3】

(A)

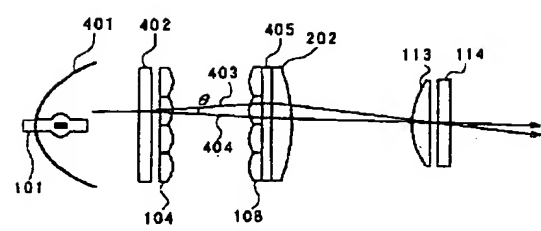


(B)

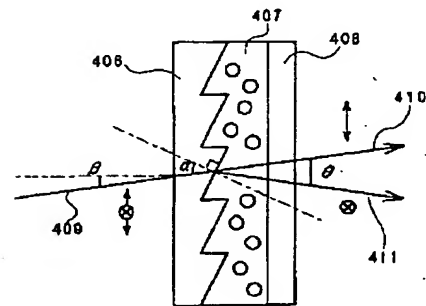


【図4】

(A)

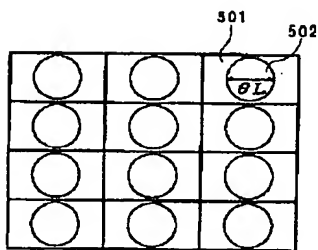


(B)

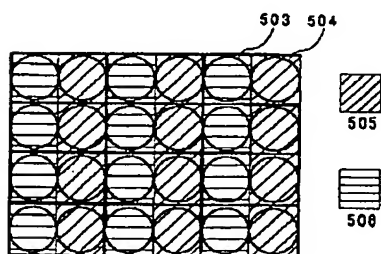


【図5】

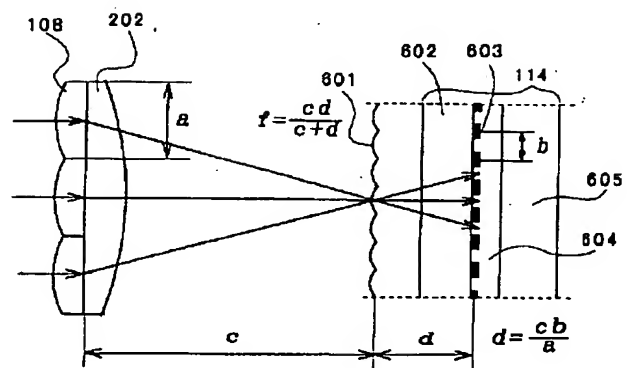
(A)



(B)



【図6】



[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of Industry] The invention relates to a projection display device which enlarges and displays an image on a liquid crystal which performs light flux modulation on a screen.

[0002]

[Prior Arts] The problem of a liquid crystal projector which projects an image on a liquid crystal panel is the using of light from a light source with high efficiency. Overall efficiency of a liquid crystal projector that is currently in practical use is only about 11m/W, then electric power consumption becomes larger to reserve brightness.

[0003] One of the means to improve the efficiency is applying an integrator described in CONFERENCE RECORD OF THE 1991 INTERNATIONAL DISPLAY CONFERENCE, page 151-154, for example. This composition is described in Kokai No.3-111806 in detail.

[0004] Principally, this integrator is same as the one used in an exposure machine. A parallel light flux from light source is divided by a plural of rectangular lens and an image of each rectangular lens is overlaid on a liquid crystal panel to form an image by a plural of relay lens each corresponding to each rectangular lens. In this method, as light flux from the light source is cut out in a similar figure as that of liquid crystal panel and the liquid crystal panel is illuminated by whole cut out light flux, the illumination efficiency is increased. Said CONFERENCE RECORD reported that the efficiency had been improved at 30%. Moreover, as each cut out light flux is overlaid, non-uniformity of illumination and color is largely improved.

[0005]

[Problems to be Solved by the Invention] However, as described in said Kokai, in application of the integrator "as the number of apertures of projection lens system becomes too large, it is not so favorable actually". That is, as the apparent size of light source becomes larger and parallel of light flux is deteriorated, fairly large projection lens is required for using all incident light flux to liquid crystal panel for projection.

[0006] When a liquid crystal panel adopts the system that modulates polarized light, more than half of light from the light source is wasted. However, as described in EURODISPLAY '90 PROCEEDINGS, page 64-67, there is a system that can use whole light from light source with adopting the polarized light conversion element comprising a polarized light beam splitter and a 1/2 wave length board. Though it is possible to use

said polarized light conversion element in combination with said integrator, as the size of integrator is doubled and a projection lens having larger number of apertures is required, it is not a preferable system actually.

[0007] When the liquid crystal panel is an active matrix panel having a switching element for each pixel, the system having a micro lens alley placed on incident side of the liquid crystal panel to improve the effective aperture ratio of the panel is reported, as shown in SID 92 DIGEST, page 269 – 272. The system having a micro lens alley is very effective one as the usability of light flux can be almost doubled at maximum if the parallelism of incident light flux is good. However the parallelism of illumination light flux is very bad in said system using an integrator, therefor the effect of micro lens alley does not appear.

[0008] The present invention solves those problems and its purpose is to make the high quality and bright display without using a large projection lens in a projection optical system and to provide a projection display device having more brightness and higher light usability with adding an optical element.

[0009]

[Means to Solve the Problem] A projection display device according to the present invention includes,

- an illumination device,

- color separation means to separate flux from said illumination device into three primary color lights,

- modulation means to modulate each primary colors light to include image information,

- light synthesizing means to synthesize each modulated light,

- a projection optical system to project synthesized flux on a screen to display,

- wherein a plural of secondly light sources is formed on the light path between said illumination device and said modulation device, and a plural of illumination optical system is placed to illuminate said modulation means with arranging the same number of lenses on the place where said secondly light sources are formed.

[0010] The projection display device according to the present invention includes,

- an illumination device,

- color separation means to separate flux from said illumination device into two fluxes,

- modulation means to modulate each light to include image information,

- light synthesizing means to synthesize each modulated light,

- a projection optical system to project synthesized flux on a screen to display,

wherein a plural of secondly light sources is formed on the light path between said illumination device and said color separation means, and a plural of illumination optical system is placed to illuminate said modulation means with arranging the same number of lenses on the place where said secondly light sources are formed.

[0011] The projection display device according to the present invention includes,

an illumination device,

modulation means to modulate polarized light included in light flux from said illumination device to include image information,

a projection optical system to project modulated light flux on a screen to display,

wherein a plural of secondly light source is formed with the first lens group comprising a plural of rectangular lens on the light path between said illumination device and said modulation means, the second lens group comprising the same number of lenses is arranged on the position of said secondly light source so that an integrator illumination optical system to illuminate said modulation means is placed,

wherein polarization separating means that separates direction of two polarized lights included in light flux from said illumination device and run at right angle to one another at the angle smaller than  $90^\circ$  are arranged on illumination device side/second lens group side of said first lens group so that double secondly light source images corresponding to each polarized light are formed on said second lens group, a wave plate is placed on one/both of secondly light source positions to change the polarizing direction, and then light fluxes having the same polarization direction exit from the second lens group to illuminate said modulation device.

[0012] The projection display device according to the present invention includes,

an illumination device,

modulation means to modulate polarized light included in light flux from said illumination device to include image information,

a projection optical system to project modulated light flux on a screen to display,

wherein a plural of secondly light source is formed with the first lens group comprising a plural of rectangular lens on the light path between said illumination device and said modulation means, the second lens group comprising the same number of lenses is arranged on the position of said secondly light source so that an integrator illumination optical system to illuminate said modulation means is placed,

wherein said modulation means is a liquid crystal panel and a switching element is formed on each pixel of the liquid crystal panel, and a micro lens array is placed on the

incidental side of the liquid crystal panel.

[0013]

[Embodiments] Hereafter a projection display device according to the present invention is explained in detail based on drawings.

[0014] (Embodiment 1) The structure of projection display device according to the present invention is shown in Fig.1. A light source lamp101 is a light source that is regarded as a point such as a halogen lamp, a metal halide lamp or a xenon lamp, and radiated light fluxes are reflected by the reflecting mirror102 to be practically parallel light fluxes. Red light of a light flux is transmitted and blue light and green light of the light flux are reflected by a blue and green reflecting dichroic mirror103. The red light flux is reflected by a double-sided total reflection mirror106, by a total reflection mirror110, 111 in this order and then reaches the liquid crystal panel114 through a condenser lens113. The green light is reflected by the total reflection mirror107, by a green reflection dichroic mirror112, by double-sided total reflection mirror106 in this order and then reaches the corresponding liquid crystal panel114 through the condenser lens113. The blue light is reflected by total reflection mirror 107, transmitted through the green reflection dichroic mirror112, reflected by the total reflection mirror117 and then reaches the liquid crystal panel114 through the condenser lens 113 like other colors. Each of 3 liquid crystal panel114 modulates each color light and adds image information corresponds to each color. A cube prism115 synthesizes each modulated color flux and includes red reflecting dielectric multi-layer film and blue reflecting dielectric multi-layer film in cross shape. The synthesized flux forms an image on a screen through a projection lens116.

[0015] An integrator illumination system is placed to face each light flux separated by the blue and green reflecting dichroic mirror103. The first lens group104 and the second lens group108 are placed before and after the both-sided total reflection mirror106 for red light flux, and the first lens group105 and the second lens group109 are placed before and after the total reflection mirror107 for green light flux and blue light flux. It is important that total reflection mirrors are placed between each lens group. Though the structure having dichroic lens between each lens group is allowed, as light fluxes having uneven incidental angles incident to the dichroic mirror, the angle dependency of dielectric multi-layer film causes large non-uniformity of color on the display screen. The practical working distance in the arrangement shown in Fig.1 is equal to the distance between the second lens group108, 109 and the liquid crystal panel114, and the practical working distance is 1/2 of the working distance in the arrangement without an integrator. Actually, the usability of light flux is doubled

compared with the system without integrator and non-uniformity of display is almost disappeared.

[0016] Fig.2(A) shows a practical structure of integrator illumination system. A reflection mirror102 has an elliptic shape to reflect light flux radiated from the light source lamp101 inward. As the light reflected in the vicinity of limb of reflection mirror102 travels toward the second focal point set on the distance  $a$  from the limb, the first lens group104 and the second lens group108 are placed to touch internally to the ring-shape light reflected in the vicinity of limb to attain better efficiency. As each rectangular lens forming the first lens group104 and the second lens group108 is not decentered, light fluxes are overlaid on the position of the second focal point. Then, a field lens202 is placed just after the second lens group to illuminate on the liquid crystal panel114 with overlaid light fluxes in this structure. The size of the second lens group108 is decided with  $F$ -value of the projection lens and the distance  $b$  between the second lens group202 and the liquid crystal panel114. When the  $F$ -value of projection lens is  $f$ , the size of the second lens group108 is designed to be smaller than  $b/f$ . The condenser lens113 is for collecting incidental light fluxes to the liquid crystal panel114 on the incidental pupil of projection lens effectively, then the focal length of it is designed to be smaller than  $b$ .

[0017] Fig.2 (B) shows the structure of the first lens group104 or the second lens group108. Here, as the cross section of the light path of optical structure in Fig.1 is rectangular, the whole shape is described as rectangular. The rectangular lens203 has the same shape as the liquid crystal panel114 and the illumination distribution on each rectangular lens of the first lens group is overlaid on the panel.

[0018] In this projection system, as the back focus of projection lens116 is short, it is easy to design the number of apertures larger while keeping the size of projection lens small, then the maximum effect of the integrator can be achieved. As there is a certain amount of distance between the light source lamp101 and the first lens group104, 105, the distribution of illumination on each rectangular lens in the first lens group is relatively smooth, and shade of the light source lamp101 would not be appeared on the overlaid illumination distribution on the liquid crystal panel114, then the display quality is very high.

[0019] (Embodiment 2) Fig.3(A) shows the structure of a projection display device according to the present invention. The light flux emitted from the light source lamp101 passes through the integrator comprising the first lens group104 and the second lens group108 after being reflected by the reflection mirror102. Then the white light flux is separated into a green light flux and a magenta light flux by the green

reflecting dichroic mirror301. Each light flux is reflected by the total reflection mirror302. 117 and reaches the liquid crystal panel114a. 114b through the condenser lens114. Then modulated light fluxes are synthesized by the dichroic prism303 that synthesizes green light flux and magenta light flux, and projected with the projection lens116 to display.

[0020] This structure involves 2 liquid crystal panels, then a color filter has to be placed on one of the panels to modulate 2 colors separately. Fig.3 (B) shows the structure of pixel of the liquid crystal panel114b. A red transmission filter304 and blue transmission filter305 are arranged alternately.

[0021] As only 2 liquid crystal panels are used in this structure the optical structure is very simple compared with the embodiment 1. Moreover, as one liquid crystal panel is placed for green light the resolution is not degraded. The brightness is not degraded either, because the brightness of the projection image is almost decided by the brightness of green light. Therefore this simple structure is allowed for displaying usual images except for computer images that require 3 colors for one pixel.

[0022] However the reproduction of colors is not sufficient, because red and blue run short. In this case, adjust spectrum structure of a light source lamp to radiate more red and green than usual. For example, haloids corresponding to three primary colors respectively are added in the three-wavelength emission metal-haloid lamp, and haloids of lithium, thallium and indium are included in some of the lamps in actual use. As lithium corresponds to red and indium corresponds to blue, the amount of them may be increased in this case.

[0023] Metal haloid lamps for image displaying in actual use have a common problem that red tends to be insufficient. Then as one of the variations of the structure of Fig.3(A), a method in which one liquid crystal panel is used for red light flux and one common panel is used for both green light flux and blue light flux can be presented. Though the method of decreasing green to compensate lack of red is applied to the general projection display devices, as red can be obtained sufficiently in this method, there is no need to decrease green, then the amount of each color is equal to each other in this method.

[0024] In a projection display device according to this structure, as the back focus of projection lens is small though integrators are used, as same as the case of embodiment 1, the projection lens can be designed smaller and whole structure is very simple. The resolution and brightness are not degraded so much comparing with the structure according to embodiment 1, then this structure is very effective in usual image displaying.

[0025] (Embodiment 3) In all liquid crystal projectors currently in actual use, a liquid crystal panel that modulates polarized light is used. Therefor, as a half of non-polarized light is absorbed in a polarizing board and changed into heat, degradation of light usability and necessity of cooling are problems.

[0026] The method for using whole light flux emitted from the light source with adding a polarization converting system to an illumination optical system of an integrator. Fig.4 (A) is a view showing a structural frame format of the principle of that. Basically, it is as same as the usual integrator illumination system shown in Fig.2 (A), but, here, a polarized light separator is placed just before the first lens group104 and a wave plate is placed just after the second lens group108.

[0027] Non-polarized light emitted from the light source lamp101 is reflected by the parabolic reflector401 and becomes practically parallel light fluxes. The parallel fluxes go into polarized light separator402 and two polarized lights run right angles to one another are separated directions at the specified angle  $\theta$ . When the light passes through the first lens group104 placed just after, light fluxes are gathered on the vicinity of focal point of each rectangular lens, that is inside of a corresponding rectangular lens in the second lens group108, a spot of secondly light source is formed. Usually this spot is formed only one at the center of each rectangular lens, but two spots are formed according to each polarized light. After that these light fluxes pass through the wave board405 and their polarized directions are uniformed. Then as same as the case of usual integrator, light fluxes are gathered at the center of the liquid crystal panel114 by field lens202 to illuminate the rectangle of the liquid crystal panel practically uniform. Therefor, whole light flux emitted from the light source lamp goes into the liquid crystal panel114.

[0028] Fig.4 (B) shows an example of the structure of polarization separator402. A liquid crystal layer is inserted between a prism substrate406 having serrate grooves and a glass substrate. As liquid crystal molecules are aligned parallel to a groove of the prism substrate, vertical incident light flux to the substrate is divided into ordinary light to liquid crystal molecules and extraordinary light to be separated directionally. Suppose that the non-polarized light409 that comes vertically into a plane of prism substrate406 comes into an inclined plane of prism substrate406 by the angle of  $\alpha$ . When the reflection index  $n_o$  of a liquid crystal molecule to ordinary light is equal to the reflection index of the prism substrate406, ordinary light410 travels straight without being refracted and extraordinary light411 is refracted by the angle of  $\theta$  to the direction of ordinary light. When the refraction index of extraordinary light is  $n_i$  the following formula can be applied approximately.



[0029]  $\alpha = \arctan \{ \sin \theta / (\cos \theta \cdot n_o / n_i) \}$

When the prism substrate406 is made of PMMA, as the refraction index is about 1.18, the refraction index of liquid crystal can be selected to almost the same. When the anisotropy of refractive index of a liquid crystal becomes larger, larger angle  $\theta$  can be obtained. Liquid crystals having the anisotropy of refractive index of about 0.25 are sold in the market. Generally incident light fluxes are distributed within  $\pm 5^\circ$  of the key light when a metal haloid lamp is used, but the range can be narrowed to  $\pm 3^\circ$  by modifying the optical system with using a shorter arc length lamp. As both polarized lights are perfectly separated from each other when the separation angle  $\theta$  of polarized light is at least  $6^\circ$ ,  $\alpha$  is equal to  $37^\circ$  when the value is applied to the formula above. Therefor the angle formed with the flat plane and the inclined plane is nearly  $37^\circ$ , it is easily made of organic matters such as the polymethylmethacrylate or the polycarbonate.

[0030] Practically, as shown in Fig.4 (B), the light comes into the prism substrate at the predetermined angle  $\beta$ . In this way the key light of whole polarized and separated light fluxes becomes vertical to the polarized light separator, then the total structure of optical system becomes simple. As the angle  $\beta$  is equal to  $\theta / 2$ , and  $\beta$  is  $3^\circ$  when  $\theta$  is  $6^\circ$ , then the light source has to be inclined only little.

[0031] From the viewpoint of the efficiency, it is preferable that the refraction index of extraordinary light is equal to that of prism substrate406. In this method, the ordinary light410 is refracted, but ordinary light410 is p-polarization to the inclined plane of of the prism substrate406 and the incident angle at the boundary face is close to the Brewster's angle, then the reflection loss is less than 1%. Therefor using this method and applying the reflection free coating on the boundary face, the light flux transmittance ratio can be more than 97% theoretically.

[0032] The polarized light separator shown in Fig.4 (B) is explained that it is made of liquid crystal here. But it can be made of organic film theoretically. For example, an inexpensive and stable in heat polarized light separator may be obtained with forming serrate grooves on a wave board by press process. Or, a stable in heat polarized light separator is made with aligning monomer instead of liquid crystal and polymerize it with ultra violet ray or heat.

[0033] The light source image is formed at the center of each rectangular lens in the second lens group108 in a usual integrator that does not use a polarized light separator. When the angle distribution of the light source is within  $\theta$  and the distance between the first lens group104 and the second lens group108 is L, the light source image is formed at the center of each rectangular lens in a circle having the diameter of  $\theta L$ , as

shown in Fig.5 (A). The image of light source is formed not always in a rectangular lens as shown in the figure, however usually the system is designed to make the image come inside of the lens.

[0034] In this figure, the aspect ratio is 9:16 considering hi-vision display, there is large area that does not have any spots in both sides of the rectangular lens501. The present invention uses this area for polarized light separation. Two spots corresponding to both polarized lights are formed on the second lens group108 in this structure as shown in Fig.5 (B). As the distance between both spots is equal to the diameter of a spot  $\theta$  L, lights are separated properly and placed in a rectangular lens properly. This can be applied only when the aspect ratio is 9:16, when the aspect ratio is 3:4, the diameter of a spot has to be little smaller so that the image becomes smaller than a rectangular lens501.

[0035] In Fig.5 (B), wave board505, 506 are arranged in stripe corresponding to spot503, 504 of each polarized light. The wave board505, 506 are used for turning each polarized light by  $45^\circ$  to align the direction or turning each polarized light by  $90^\circ$  to align the direction with using one of the wave boards and a  $1/2$  wave board. As the wave board can be inserted between the second lens group108 and the field lens202, as shown in Fig.4 (A), the reflection loss can be removed when they are glued.

[0036] (Embodiment 4) Here after the method improving light usability with micro lens array in the optical system in which an integrator is used.

[0037] Fig.6 shows the principle of illumination in a projection display according to the present invention. In this figure, the light source part and the projection lens part are not drawn, however the structure is basically as same as the structure shown in Fig.2 (A), a cylindrical micro lens array601 is placed between the liquid crystal panel114 and the condenser lens113 shown in Fig.2 (A). The liquid crystal panel114 is illuminated in uniform by the light source light through the second lens group108 and the field lens202, and the distribution of light fluxes at the field lens202 is an apparent light source, that is the second light source.

[0038] The structure of micro lens array61 adhered to the surface of liquid crystal panel is that a plural of cylindrical lens is aligned the direction to the direction of the row of pixels arranged in the liquid crystal panel114 in matrix and the number is equal to the number of rows. The light flux passed through one of the cylindrical lens in the micro lens array601 forms an image of the second light source on the liquid crystal layer604 through the opposing substrate602. The shape of the second light source is a shape aligned in vertical as shown in Fig.5 (A) or (B), having predetermined intervals. Therefor an image of the second light source formed on the liquid crystal layer is a

stripe shape image in row direction. As a stripe of each light flux travels through black stripes603 between pixels, the amount of light that is masked by the black stripes603 when the micro lens array601 is not used causes the improvement of efficiency. Though the purpose of the black stripe603 is to avoid degradation of switching transistor formed to correspond with each pixel caused by exposure to the light, generally the area masked by the black stripe603 is more than 60% of total area. Therefore significant improvement of the efficiency can be expected.

[0039] In the actual designing, the distance  $d$  between the micro lens array601 and the black stripe603 is decided by each lens size  $a$  of the second lens group108 or pixel pitch  $b$  as shown in the figure and the focal length  $f$  is decided by the relation shown in the figure. Though not shown in the figure, a condenser lens has to be placed on the light source side of the micro lens array and the focal length of it has to be almost equal to the distance  $c$  between the field lens202 and the micro lens array603. By adding of this condenser lens, as all key lights of light source light become vertical to the liquid crystal panel114, the shape and the direction of the secondly light source are the same seen from any point of the liquid crystal panel114 and then the arrangement of the micro lens array is in uniform on the whole surface.

[0040] Another practical designs can be expected from the present invention. For example, it is possible that the micro lens array601 is an alignment of usual axis-symmetrical lenses and the image of secondly light source is formed on the liquid crystal layer so that each light source image can pass through the black stripe603. In this case, though the designing is complicated, the efficiency is improved more. The present invention has the characteristic that an image of the secondly light source is formed by the micro lens array and adjust the structure of an integrator or pixel and shape of the micro lens array so that the light source pattern of the secondly light source can pass through the aperture on a pixel effectively.

[0041]

[Advantageous Effect of the Invention] As mentioned above, according to the present invention, in the projection optical system having the integrator illumination system, with shortening the back focus of the projection lens by shortening the synthesizing light path of each light flux modulated by the liquid crystal panel, and using an integrator illumination system on two light paths respectively, the projection display device that can display a brighter and higher quality image.

[0042] A bright and high quality projection display device is provided in a compact shape by performing light flux modulation with 2 liquid crystal panels so that the illumination optical system is simplified.

[0043] A brighter projection display device can be realized with adding polarized light converting function to an integrator.

[0044] A brighter projection display device with low power consumption and no necessity of cooling device is realized by adding the micro lens array that forms an image of the secondly light source of the integrator according to the shape of the aperture of the liquid crystal panel.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig.1] A drawing to show a projection display device according to the present invention.

[Fig.2] (A) is a drawing to show a structural example of an integrator illumination system used in the present invention. (B) is a drawing to show the lens arrangement of the integrator used in the present invention.

[Fig.3] (A) is a drawing to show the arrangement of the projection display device according to the present invention. (B) is a drawing to show the pixel arrangement of a liquid crystal panel used for a projection display device according to the present invention.

[Fig.4] (A) is a drawing to show the arrangement of an illumination system in a projection display device according to the present invention. (B) is a drawing to show the arrangement and the principle of a polarized light separator used for a projection display device according to the present invention.

[Fig.5] (A) is a drawing to show a shape of the secondly light source formed on each lens of the integrator. (B) is a drawing to show a shape of the secondly light source when a polarized light separator is used in the integrator illumination system.

[Fig.6] A drawing to explain the principle of illumination of a micro lens array used in a projection display device according to the present invention.